

---

## L'educació científica en l'escola primària.\*

Fiorenzo Alfieri\*\*

### Gènesi de l'interès per l'ensenyament de la Ciència en l'escola maternal i elemental

A Itàlia, fins al començament dels anys 60, el debat pedagògic i la pràctica didàctica innovadora, relativa a l'educació científica en l'escola maternal i elemental, feia referència primordialment als principis de l'escola activa, i es basava majoritàriament en la pedagogia de Dewey, en la tècnica didàctica de Freinet i en la investigació dins del camp de la psicologia evolutiva de Piaget.

El principi educatiu fonamental que inspirava les iniciatives més avançades consistia en la imprescindibilitat de l'experiència directa per part de l'infant. En la seva absència es considerava profundament erroni parlar de ciència, dels seus "noms", de les seves descobertes, de les seves lleis.

La natura, tan plena d'aspectes interessants i apassionants, hauria hagut d'ésser l'únic llibre, l'únic punt de referència real.

Segons el mètode seguit en l'escola activa i també en els altres camps d'actuació, no tenia cap rellevància el fet d'ocupar-se d'un argument o d'un altre. El que veritablement importava era evidenciar els problemes, els perquè als quals es cerqués resposta; realitzar experiències concretes per mitjà de les quals s'interrogués la natura sobre els mateixos problemes; utilitzar finalment les respostes que ens proporciona la natura per respondre els perquè dels quals s'havia partit.

\* Dintre de les activitats de perfeccionament del professorat, i concretament en el Cicle de Seminari i Conferències que, amb motiu de l'acabament dels estudis de la primera promoció del Pla Especial per a Educadors de Llars d'Infants, tingué lloc els dies 6 i 7 de juny de 1989, el professor Fiorenzo Alfieri - de la universitat de Torí - presentà el document que, sobre "L'Educazione scientifica nella prima scuola", havia preparat en atenció a la nostra demanda.

\*\* Fiorenzo Alfieri, que col·laborà activament amb el "movimento di Cooperazione Educative", és actualment President de la Comissió de Cultura i Instrucció de l'ajuntament de Torí. Les seves línies de recerca giren, entre altres, entorn dels aspectes cognitius i sociocognitius de l'ensenyament-aprenentatge de les Ciències a l'escola primària.

Aquest procediment basat en el plantejament dels problemes i en la recerca de respostes a través de l'experiència viscuda directament es considerava especialment formatiu no tan sols quant a l'àmbit específicament científic, sinó també quant al pla educatiu general: una mena d'ultratratge a l'honestedat intel·lectual, al rigor moral, a la recerca de la veritat.

La referència a Piaget concernia bàsicament l'afirmació que la intel·ligència de l'infant és diferent de la de l'adult, no solament pel grau de desenvolupament, sinó també, i potser principalment, per la seva estructura. La intel·ligència és operativa per pròpia natura i es desenvolupa en diverses etapes successives; les que concerneixen principalment el nostre discurs són posteriors a l'estadi sensorio-motor ( que cobreix els primers dos anys ): la fase inicial ( dels 2 als 4 anys ) i la fase intuïtiva ( dels 4 als 7 anys ) de la intel·ligència pre-operatòria.

L'escola primària ( maternal i el primer cicle de l'escola elemental), segons la divisió temporal indicada per Piaget, finalitza en el moment en què l'infant passa a l'estadi de les operacions reals. La teorització de Piaget, per tant, es considerava com la justificació científica del fet que en el centre de la recerca explorativa de la natura, que Freinet definia com l'"étude du milieu", s'hauria de considerar el "fer" de l'infant, única condició perquè després hi pugui intervenir l'"entendre".

Així, doncs, el pas de l'estadi pre-operatori al de les operacions concretes i posteriorment al de les operacions simbòliques ( dels 7 als 11 anys ) es beneficia molt, segons Piaget, de la relació amb els altres i de l'ús del llenguatge. La referència a la seva psicologia provocava igualment una major revalorització de la importància, en la recerca en la natura, de la discussió, del fet d'indagar plegats, de la comunicació verbal, oral i finalment escrita, dels resultats obtinguts.

Tot el que s'ha dit fins ara no ha estat desmentit i és per això que la meta dels anys 60 s'ha mantingut fins als nostres dies. Es tractava de conquestes tan significatives respecte a l'anterior concepció nocionística i dogmàtica de l'ensenyament de la ciència que difícilment podrien qüestionar-se, fins i tot en el futur.

Encara no es coneixien els canvis introduïts, sobretot, pel psicòleg americà J.S. Bruner. En el seu llibre " The process of Education "( títol italià: "Dopo Dewey", 1964, Roma, Armando), feia referència a tot el que sorgí a Amèrica durant la Conferència de Woods Hole ( celebrada al Setembre de 1959). S'hi havia reunit durant deu dies un gran nombre de científics i pedagogs per discutir el problema, considerat particularment urgent, per no dir dramàtic, sobre com s'havia d'organitzar, adaptant-se a les noves exigències socials, culturals i polítiques, l'ensenyament de la ciència a l'escola, a partir de l'etapa maternal.

El que impressionà més d'aquest llibre va ser la crítica d'una visió de l'escola que al nostre país tot just començava a arrelar i que en aquell temps es considerava la més avançada i coherent respecte a les exigències del progrés i de la democràcia que s'havia anat consolidant d'ençà de la postguerra. Es tractava de la visió de la qual gairebé no havíem parlat, àmpliament inspirada en una pedagogia de derivacions deweyiana que centrava l'atenció més en els mètodes que en els continguts, més en l'experiència que en la transmissió de coneixements, més en la socialització que en la formació intel·lectual de l'individu.

Bruner, tot i reconèixer la contribució innegable positiva de Dewey i del moviment de l'escola activa al procés de renovació i modernització dels processos educatius, feia un crit d'atenció de sorprenent eficàcia i puntualitat. Segons Bruner, l'educació, i principalment l'escola, ha de tenir com a objectiu una formació capaç de "preparar" els ciutadans del demà per a l'impacte no gens fàcil amb la societat moderna, societat cada vegada més influïda pel desenvolupament de la ciència i de la tècnica. És necessari preocupar-se perquè els alumnes visquin en un ambient positiu des del punt de vista social i afectiu, i que adquireixin els coneixements gràcies a mètodes no autoritaris, però encara és més indispensable posar a la seva disposició els continguts i les formes de pensar pròpies de la cultura científica: els continguts i les formes que modelen de forma extraordinàriament consistent la nostra visió del món.

La urgència d'una perspectiva similar resultava, segons Bruner, del fet que a la pressió cada vegada més gran exercida per la ciència i sobretot per la tecnologia sobre la societat, a l'entrellat cada vegada més dens que s'havia anat establint en la forma d'actuar i en la forma de viure dels homes, al cada vegada més intens condicionament exercit per la ciència sobre la modalitat de la nostra capacitat d'entendre i de valorar, no corresponia una consciència més profunda per part dels ciutadans de la manera com la recerca científica s'anava desenvolupant, de quines són les conseqüències del "progrés" científic en el camp de les aplicacions pràctiques, de quins poden ser els coneixements que cal assumir per tal d'evitar que el futur se'ns escapi de les mans i esdevingui el pitjor enemic de la humanitat.

L'aspecte més innovador del missatge brunerià concernia precisament el problema de la divergència quantitativa, però sobretot qualitativa entre la vertiginosa evolució de la recerca científica i el sentit comú. Per primera vegada, el món pedagògic italià es trobà davant qüestions que concernien no tan sols la manera d'organitzar la relació educativa per tal de respectar les exigències de creativitat, llibertat, sociabilitat de l'infant, sinó també la manera de pensar que cal proposar i consolidar per tal de garantir a l'infant la possibilitat de comprendre, de controlar i possible-

ment de dominar els fonaments culturals sobre els quals funciona la societat on viu. No es tractava de desmentir o de redimensionar la "revolució" duta a terme pel moviment de l'escola activa en considerar l'infant com a centre de l'educació, sinó d'inaugurar una nova etapa en què existissin dos punts de referència en constant interacció: l'infant amb les seves característiques psíquiques i socials, i la ciència amb les seves formes de veure el món i amb les seves aplicacions pràctiques.

Bruner, en referir-se a la recerca piagetiana, tendia a privilegiar, entre les dues "ànimes" presents en els estatuts de la seva teorització, la relativa a l'epistemologia genètica en detriment de la que tractava dels estadis del desenvolupament cognitiu.

Com se sap, Piaget considerava que existia un substancial isomorfisme entre els fonaments de la ciència, és a dir, els conceptes sobre els quals es basen els diferents "edificis" disciplinaris, i les formes de pensar "naturals" dels infants; per això parlava d'epistemologia genètica.

Molt més interessat pel problema del contingut que pel mètode, Bruner pensava que, si era veritat que no subsistien diferències estructurals entre els conceptes d'espai, de temps o de nombre, etc. que utilitzaven els científics i que genèticament es formen en la ment de l'infant, no tan sols és possible d'ensenyar la Ciència en les seves disposicions més avançades, a partir de l'escola durant la infància, sinó que és l'única forma de respectar l'infant en les seves característiques més profundes i naturals, com entre d'altres volien fer Dewey i el moviment de l'escola activa sense disposar, però, dels instruments culturals adequats.

El govern americà s'inspirà en la conferència de Woods Hole per impulsar un ampli projecte d'experimentació i de definició dels nous programes per a l'ensenyament de la ciència en l'escola primària i secundària, iniciat arran de l'impacte que havia tingut als EUA el llançament de l'Sputnik soviètic. L'elaboració dels programes anà a càrrec d'un equip format de científics, pedagogs i educadors, que van cercar principalment l'adopció d'un model científic que resultés utilitzable des del punt de vista educatiu, una vegada requèstionades les diverses disciplines científiques per obtenir indicacions detallades sobre el contingut que tots consideraven com a fonament (l'epistemologia) de la mateixa disposició teòrica, per tal d'utilitzar concepcions de psicologia evolutiva i sobretot genètica que permetessin d'introduir l'activitat formativa segons temps i mòdels no diferents als modes de viure i de pensar de l'infant.

A Itàlia arribaren, als anys immediatament successius al text de Bruner anteriorment esmentat, alguns d'aquests programes i constituïren punts de partida concrets per als primers experiments en la nostra escola.<sup>1</sup>

### **Estat actual del debat i de la recerca pedagògico-didàctica**

Durant gairebé trenta anys següents a la publicació del primer text en llengua italiana de Bruner, l'experimentació dels programes innovadors d'educació científica en l'escola maternal i elemental ha marcat indubtablement l'experimentació desenvolupada en d'altres sectors, com les matemàtiques i la llengua, i seria difícil afirmar que avui existeix un patrimoni prou consolidat, orgànic, ple de punts de referència didàctiques.

La ciència i la tècnica, per llur major implicació en la vida diària i en el mateix destí de la humanitat, continuen suscitant un cert temor i no poc recel entre la gent, i fins i tot entre els educadors. L'espectre de les coses per conèixer és molt ampli i en general la seva rellevància quantitativa deixa en un segon pla el fet que el que compta més és l'actitud mental de fons que constitueix la base de la recerca científica i no l'acumulació de coneixements específica. Hom pensa, a més, que la realització concreta de l'activitat formativa en el camp científic requereix aparells tècnics consistents i sofisticats que l'escola italiana no està en condicions de posar a la disposició dels educadors i així s'acaba no realitzant ni tan sols allò que podria desenvolupar-se fàcilment amb mitjans pobres i a dins de l'aula.

Tot i aquest marc, una tasca molt encoratjadora s'ha dut a terme en el pla experimental en contextos interdisciplinaris i multidisciplinaris en què han col·laborat, a més de nosaltres, científics, pedagogs i educadors. El laboratori de Scandicci i la recerca que es porta a terme en el Departament de Psicologia de la Universitat de Torí en són dos exemples.

### **El marc epistemològic**

La pregunta fonamental que suscita l'epistemologia piagetiana, utilitzada per Bruner com a demostració de la correspondència entre els continguts de la ciència i les formes de pensar de l'infant, és si hi ha una epistemologia de la ciència a la qual es pugui fer referència per confrontar-la amb la que és "innata" en l'infant. Hi ha, doncs, punts fixos en els coneixements científics que puguin considerar-se conceptes claus en els quals es basi l'estructura de la disciplina?

Aquí entrem en un terreny menys planer, on hi ha opinions força oposades. El que sabem avui sobre la natura i les seves lleis indica clarament que la natura és moltíssim més complexa del que hom podia pensar fins fa poc temps, i que els coneixements actuals cobreixen una mínima part dels fenòmens naturals. Presumiblement descobrirem moltes altres

coses en un futur fins i tot pròxim, i per tant les nostres teories actuals evolucionaran i és possible que allò que avui considerem "conceptes estructuradors" (l'epistemologia) d'una certa disciplina, deixin de ser-ho en el futur.

D'altra banda, això ha succeït moltes vegades en el passat, com ens ensenya la història de l'evolució del pensament científic.

Quan s'estudia un cert fenomen amb la intenció d'entendre'l, i després esdevé l'objectiu fonamental de la tasca dels científics, automàticament s'aplica al mateix fenomen una simplificació, perquè en general no és possible d'abastar-lo en tota la complexitat. En aquesta simplificació intervé una interpretació del fenomen, que s'efectua amb els coneixements que ja posseïm i seguint una forma de raonament resultant de les experiències i dels estudis precedents. A més, els instruments que s'utilitzen per a l'estudi del fenomen, la mateixa elecció del fenomen que cal estudiar i els resultats que s'obtidran amb els estudis, no són aliens a tota una sèrie de circumstàncies condicionants, associades a l'ambient, al moment, etc. I això mateix succeeix a tots els "estudiosos", des del gran científic fins al nen de l'escola maternal, passant per l'home corrent que observa un fenomen qualsevol: l'estudi "científic" i els coneixements que se n'extreuen no queden, per tant, aïllats del context en què s'han originat.

Els filòsofs de la ciència parlen referent al marc interpretatiu: el marc és el conjunt de coneixements que es tenen en un determinat moment i que influeixen en l'adquisició de nous coneixements. Al seu torn, els nous coneixements poden influir, amb la seva aportació, sobre el marc interpretatiu i fer-lo evolucionar. Generalment aquest desenvolupament és molt lent, gairebé imperceptible, però continu, amb tota una sèrie de petits canvis i modificacions, de manera que en un moment donat el marc de referències apareix tan modificat que pràcticament pot considerar-se un nou marc.

En aquest cas es parla de revolució, com si es tractés d'un canvi ràpid; però en general, de ràpid, només en té el fet d'adonar-se dels canvis esdevinguts.

La història de la ciència és plena d'exemples de revolucions, o de teories revolucionàries d'aquesta mena. Un cas clàssic és l'anomenada "revolució coperniquiana". En parlarem breument perquè ajuda a entendre moltes coses: en fer-ho, simplifiquem molt el discurs i intentarem resumir en poques línies el que fou una llarga i complexa evolució.<sup>2</sup>

Copèrnic era un científic del segle setze que, a partir de l'estudi de les dades rellevants de diversos astrònoms i de les lleis que se n'havien deduït, en particular de Kepler, proposà un nou model per explicar el movi-

ment dels planetes en el cel: bàsicament és el mateix model que encara utilitzem avui dia, però en aquella època semblava revolucionari. En el model de Copèrnic el sol és estàtic i els planetes, incloent-hi la terra, giren al seu voltant: és el que s'anomena un model " heliocèntric".

En canvi, gairebé tots els científics del seu temps raonaven en termes "geocèntrics": pensaven que la terra era estàtica enmig de l'univers i que tots els cossos celestis giraven al seu voltant. El model geocèntric aconseguia d'explicar bastant bé les observacions astronòmiques disponibles en aquell moment i s'ajustava molt bé al " marc conceptual" dominant. El marc, que es remuntava a Aristòtil, interpretava els fenòmens essencialment en termes de "quietud" i "moviment". "La quietud és l'estat natural dels cossos- pensava el científic aristotèlic -; per tant, és cert que la terra és estàtica i que, si posem un objecte en moviment, s'atura una estona després, tret que hom l'impulsi contínuament".

El científic aristotèlic, per tant, davant un problema tendia a "llegir-lo" fonamentalment en termes de quietud i de moviment. Però també hi havia en aquella època indicis que certs fenòmens eren difícils d'interpretar en aquest marc.

En el segle següent les observacions esdevingueren cada vegada més nombroses i acurades, particularment per obra de Galileu. L'atenció s'anava desplaçant de la quietud al moviment i Galileu arribà a intuir que fins i tot el moviment podia ésser l'estat natural d'un cos. " Si poso un cos en moviment, fins i tot sobre la terra- pensava Galileu- pot continuar indefinidament en moviment si el mantinc en condicions ideals, sense cap fregament."

El "marc", per tant, canviava a poc a poc, s'introduïen molts elements nous provinents tant de l'astronomia com de l'estudi del moviment dels cossos sobre la terra.

A continuació arribà Newton, en el segle disset, i efectuà la síntesi entre el model de Copèrnic i les teories de Galileu. Explicà que els planetes giren al voltant del sol perquè hi ha una força d'atracció gravitatòria entre el sol i els planetes, que és el mateix tipus de força que fa caure els cossos en direcció al centre de la terra, i que quan es veu un cos que disminueix de velocitat i finalment s'atura és perquè hi ha alguna força que el frena ( normalment una força de fregament ).

En aquest punt, restà clar que el marc interpretatiu havia canviat profundament respecte al marc aristotèlic, era un nou marc, el marc newtonià: el científic ja no llegia el fenomen en termes de moviment i de quietud, sinó que considerava les forces en acció, les cercava, les identificava, les mesurava, les utilitzava per fer prediccions, etc. Però no havia estat un canvi sobtat. Al darrere hi havia tot el treball realitzat durant segles, al qual

havien contribuït molts estudiosos, incloent-hi els aristotèlics. El mateix Newton ho reconeix; encara és famosa la seva frase: " He aconseguit de veure-hi més enllà perquè m'he enfilat sobre les espatlles dels gegents que m'han precedit ". Fins i tot la teoria newtoniana necessità temps per consolidar-se entre els estudiosos; però de mica en mica fou acceptada perquè, essent més econòmica i més senzilla que les antigues teories, està en disposició d'explicar més fenòmens.

## **El discurs sobre el mètode**

En aquest punt convé de precisar alguns termes que ja s'han utilitzat en aquesta exposició i sobre els quals sovint hi ha confusions: aquests termes són llei, model, teoria i marc. En primer lloc, veurem que és una llei. En el nivell més senzill, la llei és el primer pas vers la interpretació dels fenòmens i normalment va lligada a un procés "inductiu". Per tant, s'observa un fenomen, s'intenta aïllar-ne alguns aspectes que considerem particularment significatius i que sovint s'associen a magnituds mesurables, es descobreixen correlacions entre aquestes magnituds, regularitats que també trobem en d'altres fenòmens similars i finalment s'enuncia una llei, que descriu de forma sintètica, de vegades mitjançant una fórmula matemàtica, la regularitat i les correlacions observades. Un exemple, anteriorment esmentat, són les lleis de Kepler, que descriuen amb fórmules matemàtiques la regularitat que els astrònoms observen en el moviment dels planetes. Un altre exemple són les lleis de Mendel de la genètica, que descriuen la regularitat que es troba en la transmissió dels caràcters hereditaris.

Sobre les lleis es basa el model, que és un intent de descriure i en part d'explicar, a un nivell més elevat, les característiques dels fenòmens descrits per les lleis recorrent a hipòtesis de caràcter general. En l'exemple anterior, el model coperniquià englobava les tres lleis de Kepler en una única hipòtesi general: " Els planetes, incloent-hi la Terra, giren al voltant del Sol". Una característica tant dels models com de la resta de lleis consisteix a simplificar la complexitat dels fenòmens, aïllant-ne i interpretant-ne tan sols alguns aspectes, considerats especialment importants i deixant-ne d'altres de banda. La tasca de modelització és molt important per a l'esforç de conceptualització dels coneixements, perquè marca el pas de la pura i simple anotació de correlacions i regularitats a la fase de les hipòtesis, és a dir, a l'intent d'explicació.

La teoria encara es posa a un nivell més alt, perquè recull més lleis i més models, desenvolupats per explicar-hi els fenòmens més diversos,



amb una única construcció lògica internament consistent, basada en pocs principis d'un tot general. I això comporta una síntesi consistent dels coneixements i sovint és obra d'un "geni". La teoria de Newton, en l'exemple d'abans, representà precisament una síntesi importantíssima en el camp de la mecànica.

Finalment el marc interpretatiu és una cosa molt més matisada, ja que és format pel conjunt de teories, de models i de lleis que codifiquen els coneixements dins d'un cert camp, però també és format per alguna cosa més, per la manera de pensar en general, per la manera d'afrontar els problemes, per la importància que es dona a un determinat aspecte dels fenòmens respecte a altres aspectes, etc.

Quin és avui dia el marc interpretatiu dels estudiosos de disciplines físiques? És molt diferent del newtonià, perquè d'ençà de Newton s'han descobert moltes lleis noves, s'han desenvolupat nous conceptes i s'han realitzat altres síntesis teòriques, que en alguns casos s'han considerat "revolucionàries". Entre els conceptes força consistents de què disposem avui i que Newton no tenia hi ha el concepte d'energia.

El concepte d'energia es pot considerar fins i tot com la clau de volta del marc interpretatiu actual: davant d'un fenomen l'estudiós d'avui no tan sols considera les forces, sinó que busca l'energia en joc, estudia com aquesta es transforma i passa d'un cos a un altre. En aquest marc podem interpretar, a més dels fenòmens mecànics, els químics, tèrmics, elèctrics, nuclears, les radiacions, les interaccions de les partícules elementals, etc.

De Newton ençà s'han produït com a mínim dues grans "revolucions": la teoria de la relativitat d'Einstein i la teoria quàntica de la matèria. Aquestes teories han modificat profundament la manera de pensar sobre determinats conceptes fonamentals, com ara l'espai, el temps o la possibilitat de mesurar amb certesa el valor de determinades magnituds físiques i de fer-ne prediccions determinístiques sobre l'evolució.

El marc dins el qual es mouen els científics moderns també evoluciona contínuament: actualment ja és substancialment diferent del marc de les primeres dècades de segle, tot i que en aquella època la clau de la lectura ja era l'energia i ja hi havia la teoria de la relativitat i la mecànica quàntica, perquè actualment hi ha una quantitat enorme de coneixements i s'han plantejat nous problemes, que en aquell moment ningú no havia imaginat. Segurament en el futur es conformarà un marc diferent, molt més ric i complet que l'actual, que l'incorporarà com una part més, com el marc actual inclou el newtonià i, en el fons, també l'aristotèlic.

## **Sentit comú i pensament científic**

A continuació considerem el "marc interpretatiu" de l'infant o de l'home corrent, que no gaudeix de tota l'experiència i els coneixements dels estudiosos. L'home comú té un marc interpretatiu propi, que potser es basa en predisposicions innates- segons algunes notes de la hipòtesi de l'epistemologia genètica- a les quals certament han contribuït les experiències de la vida i els estudis realitzats. És un marc que varia d'una persona a una altra; d'altra banda, els marcs interpretatius dels diversos estudiosos poden ser molt diferents en determinats aspectes, encara que tots comparteixen aspectes generals. Amb tot, encara presenta elements rellevants invariables i per això s'anomena "sentit comú". En certs aspectes, el marc interpretatiu de l'home que no és instruït s'assembla, si més no en les disciplines físiques, a l'aristotèlic. Se n'han realitzat molts estudis: com exemple es tendeix a pensar que per tal de tenir un cos en moviment cal impulsar-lo contínuament, mentre que Newton mostra que de vegades cal una força per aturar-lo i no tan sols per mantenir-lo en moviment. Però la visió del sentit comú no és "errònia", solament incompleta: es té en compte la força que s'ha de fer per moure el cos, perquè es veu directament, mentre que s'oblida la força de fregament, que el frena, perquè no es veu directament. Així, doncs, moltes vegades el "sentit comú" no es contraposa al "sentit científic", només és menys complet. Però és un bon punt de partida per bastir un marc científic més adequat, igual com el marc actual es basa en els marcs interpretatius que dominaven en el passat.

Les diverses innovacions tecnològiques del començament dels anys 70 no donaren els resultats esperats perquè no es considerava ni estudiava la dificultat que els infants tenien per acceptar i utilitzar conceptes científics diferents dels que s'havien format abans d'iniciar l'activitat a l'escola.

Sobre els objectes d'estudi, els infants ja posseeixen un determinat nombre d'idees i interpreten per mitjà del seu marc de referència els fenòmens que es discuteixen a l'escola o la informació que es posa a la seva disposició. En una població, d'altra banda, el nombre d'idees sobre un determinat fenomen no és infinit, sinó que es limita a algunes grans agrupacions dels tipus que poden estudiar-se i descriure's.

L'acceptació d'un nou coneixement científic depèn d'aquestes idees. És per mitjà d'aquestes idees que l'infant aprèn les informacions pertinents. Si l'ensenyament o el procés de vulgarització que pot precedir-lo, per exemple, no té en compte els "mass-mèdia", les "idees" pre-existents prevalen i el nou coneixement es transforma, o bé es bloqueja o resta aïllat al costat del sentit comú.

El coneixement d'aquestes concepcions ja arrelades en la ment de l'infant permet d'adaptar millor l'ensenyament mitjançant estratègies didàctiques més eficients des dels diferents punts de vista: situacions per crear, intervenció dels educadors, ajuda didàctica, etc.

Els estudis recents demostren que l'estructura del pensament de l'infant no és en absolut un sistema lineal i passiu d'enregistraments que emmagatzema i conserva una sèrie d'algoritmes i d'informacions. Tampoc no és un sistema de memorització capaç de crear un concepte només per mitjà de l'addició de nous elements. És, en canvi, un organisme actiu i reactiu dotat d'una estructura de comprensió ben determinada amb una forma pròpia de funcionar i una coherència pròpia. Aquesta estructura s'ha anat consolidant progressivament a través de diverses situacions de divulgació i sobretot mitjançant les experiències de la vida quotidiana. Aquesta estructura, que els francesos anomenen "d'accueil", descodifica i dona sentit a les noves situacions. És en aquesta estructura on s'introduiran i s'organitzaran les noves informacions segons les pròpies normes de funcionament.

Des de molt petit sembla que l'infant produeix per a cada fenomen natural una "representació". Aquesta es correspon amb una teoria, que serà il·lògica, de vegades màgica, però al capdavall una teoria.

Aquestes representacions són plenes d'"errors" o d'"il·lusions" i tenen els seus efectes negatius, que són posteriorment testimoni de la seva presència en l'aprenentatge. D'això ve la necessitat de demanar-ne compte.

La recerca en el sector, que s'ha desenvolupat molt durant aquests anys i que ha adquirit molta importància en l'àmbit internacional, mira de respondre principalment a aquestes preguntes:

- quines són les representacions del món que es formen els infants durant les diferents etapes del seu desenvolupament intel·lectual?

- quin ús fa l'infant d'aquestes representacions i quina n'és l'estructura?

### **El punt de vista psicològic**

De tot el que s'ha dit fins ara, és evident que gran part del camí es va fer quan J.S. Bruner féu el primer crit d'atenció. Han estat especialment significatives la revisió que s'ha realitzat en el camp psicològic com a conseqüència d'una consideració més prudent sobre la capacitat de la ciència per indicar de forma definitiva quins són els seus fonaments i la inten-

ció amb la qual s'han començat a mirar els pre-conceptes que l'infant es forma i en general les condicions globals en què es desenvolupa l'aprenentatge.

L'epistemologia genètica i la divisió en estàdis del procés cognitiu, d'inspiració piagetiana, han estat força qüestionades.

I sembla clar que l'isomorfisme de què parla Piaget entre construccions mentals i epistemologia científica no tan sols depèn de les fluctuacions històriques de l'epistemologia científica, sinó també de les individuals en la forma de funcionament de la ment. Però sobretot, el dit isomorfisme, encara que és identificable en les seves línies generals, no implica en absolut que l'individu pugui tornar a recórrer automàticament els camins de la ciència, i menys encara que pugui arribar tot sol a les mateixes conclusions acceptades per la ciència contemporània.

Una interpretació rígida de les teories piagetianes hauria menat a raonar en termes més o menys com aquests: si és cert que els fonaments de les ciències corresponen als conceptes que els infants es creen espontàniament al llarg dels anys, per realitzar un bon ensenyament científic n'hi ha prou de recórrer a les diverses ciències per tal d'extreure'n els currículums conceptuals que cal seguir a classe i a continuació esperar que passi el temps per aconseguir que tots els infants adquireixin una cultura científica eficient i adequada a la societat actual.

Fóra molt còmode que les coses quedessin així, però la realitat és una mica més complicada del que sembla.

Educar científicament significa principalment acceptar des del punt de vista ideològic allò en què consisteix efectivament fer ciència: en el cas específic que discutim, el principi que l'epistemologia científica no és una dada adquirida una vegada per sempre després de participar en l'evolucionisme i el relativisme propis del mètode científic. D'altra banda, no és tan fàcil de descriure el funcionament de la mateixa ment humana, particularment si es pretén, com ha fet Piaget, determinar-ne el "tren" de desenvolupament des del punt de vista temporal. Els estudis d'alguns alumnes de Piaget i dels considerats cognitius, però també els anteriors a Vygotski, han demostrat que el desenvolupament conceptual de l'infant és força influït pel llenguatge (component que a Piaget no li agradava posar en joc i que considerava substancialment una conseqüència final de la conceptualització), pel context cultural i social en què evoluciona l'aprenentatge i sobretot per les característiques pròpies dels continguts disciplinaris, entenent els darrers no tan sols com a imatges mentals singulars, sinó més aviat com a mapes o xarxes on cada concepte fa referència als altres i es basa en la seva comprensió.

Determinades concepcions considerades de sentit comú o alternatives, ja que no concorden amb les indicades per la ciència acreditada, no s'arriben a superar mai en la vida de molts individus i això no és perquè el calendari s'hagi trencat per a ells, sinó perquè no s'han verificat les condicions lingüístiques, del context i del contingut disciplinari necessari per a la conquesta de determinats conceptes propis de la ciència codificada. Per això, com diuen els cognitivistes, és més important vigilar la forma d'aprendre de l'infant, l'estructura profunda dels continguts disciplinaris que es volen proposar i la modalitat per organitzar l'ambient educatiu que l'edat enregistrada de l'infant.

### **Respecte a les disciplines**

Podem afegir que actualment seria impensable de trobar un llenguatge comú a totes les disciplines o fins i tot una superdisciplina en condicions de proporcionar a totes les altres una sintaxi unificadora. Cada disciplina deriva de les decisions que al llarg de la història han elaborat els grups de científics, d'observar el món des d'un punt de vista específic, tot i les dificultats que es troben avui dia cada vegada que es vol discernir (és a dir, separar) un aspecte de la realitat de la resta. Per tant és obvi que en una comunitat científica s'han constituït llenguatges i cossos conceptuals diferents dels consolidats en altres comunitats de científics. Fer referència a les disciplines en l'educació científica, especialment a nivell elemental, no ha de menar a la sectorització del món, sinó a un discurs sobre el món que utilitzi diferents formes d'aproximació i diverses formes de veure i d'interpretar els fenòmens.

Ens podem preguntar: Hi ha habilitats generals iguals en totes les disciplines? La resposta que actualment sembla més assenyada i més capaç de sintetitzar els resultats dels diferents estudis és que les habilitats mentals, tant dels infants com dels científics, s'adquireixen en els contextos de les recerques específiques, és a dir, contextos que presenten connotacions precises i per tant inevitablement particulars. Però algunes d'aquestes connotacions es poden transferir d'un context a un altre i simultàniament es consoliden i estableixen ponts entre els diversos contextos. Es consoliden, però també es diversifiquen, i això no es considera com una complicació, sinó, ben al contrari, com un dels aspectes més interessants i més formatius de fer ciència. Per exemple, l'habilitat de discriminar les propietats i de realitzar agrupaments basant-nos en les propietats identificables i aplicables en situacions molt diverses: quan es treballa dins un univers d'objectes inanimats, o d'éssers vius o de paraules de la nostra llengua... En cada context, però, s'assumeixen característi-

ques profundament diferents tot i que conserven una analogia en la forma lògica de fons. De fet, si es treballen agrupaments entre objectes materials, l'atenció i el llenguatge es ressentiran d'un context cultural que pot assimilar-se al de la física i de la química; si es treballa amb éssers vius, es raonarà en termes similars als seguits pels biòlegs; mentre que, si volem ordenar paraules, s'agruparan segons idees anàlogues a les dels lingüistes. La justa preocupació per respectar la globalitat de l'infant i per no sectorialitzar el món que ha d'aprendre a observar i a representar mentalment trobarà, en la referència als sistemes de pensament i a les accions consolidades en el temps que constitueixen les disciplines, no ja un obstacle sinó un instrument extraordinàriament útil per garantir el pluralisme necessari en el discurs científic i per poder-se emparar en les diferents idees que els infants s'han format sobre la realitat, idees que com hem vist solament poden brotar en moments molt precisos i particulars de la seva experiència concreta.

### **Conseqüències sobre el pla de la formació**

Les iniciatives pedagògico-didàctiques que han seguit els moviments dels canvis d'opinió en el pla històric, epistemològic i psicològic, que hem exposat breument, encara no han assolit a Itàlia, ni a d'altres llocs, la identificació de marcs de referència suficientment dotats teòricament i consolidats en el vessant experimental; però últimament han aclarit el camí de què hom disposa per ensenyar ciència amb resultats productius en l'escola primària, camí que hauria de seguir en les seves línies fonamentals l'educador en fase de formació primària i en la seva tasca experimental en equip amb els col·legues i amb les referències disciplinàries i psicològiques, de les quals convindria disposar de tant en tant.

Aquestes línies haurien de comprendre:

1) el coneixement dels aspectes fonamentals de la història de les ciències i de les tecnologies i del debat sempre viu sobre el seus objectius, sobre el seus procediments, sobre el seus problemes;

2) l'estatut disciplinari de base, o epistemologia elemental, de les disciplines a les quals s'intenta fer referència sense oblidar que a l'escola primària, i fins i tot després, convé d'efectuar un apropament integrat a les ciències naturals capaç de comprendre a la vegada l'especificitat i les analogies entre les diferents formes de parlar sobre un món que és un sistema complex, sense deixar de ser únic;

3) els fonaments de la psicologia evolutiva i cognitiva des del punt de vista dels desenvolupaments més avançats de la recerca;

4) els resultats de la recerca didàctica que evoluciona de forma controlada a les escoles mitjançant equips integrats d'especialistes i d'educadors.

### **Més sobre didàctica**

Convé de detallar el que ja s'ha assenyalat anteriorment. Una visió totalment metodològica de la ciència i totalment genètica de la psicologia menaria a aconsellar a l'educador un procediment "sense xarxes" que es limités a posar els alumnes en condicions d'afrontar els problemes respecte a la natura i al seu funcionament i a predisposar els materials i els ambients necessaris per posar en funcionament estudis que s'han de realitzar lliurement segons el curs indicat pels esdeveniments. L'únic límit, en una visió similar del problema, derivaria de l'estadi de desenvolupament cognitiu a què ha arribat l'infant. Només s'hauria de tenir una mica de paciència!

Un plantejament com el que hem esbossat en parlar de l'estat actual del debat sobre l'educació científica ens mena en canvi a un camí una mica diferent. La dada evident que hi ha límits imposats per l'edat dels infants i l'altre principi igualment evident, que els mètodes de recerca sempre són presents en l'activitat científica, ens porten a reflexionar sobre el fet que els conceptes científics acreditats no es formen espontàniament en la seva ment ni tampoc en la dels adults. Tant els infants com els adults es formen, com hem vist, idees sobre el món que, tot i tenir un nivell notable d'organització interna i una capacitat suficient per resoldre alguns problemes pràctics, són molt diferents de les que formen el corpus de la ciència consolidada. Per tant, aquestes idees s'ensenyen. Això no vol dir que s'hagi d'acceptar el principi segons el qual és lícit de sacrificar l'infant i la forma de funcionar del seu enteniment sobre l'altar de l'ensenyament de la ciència. Hi ha la possibilitat de conciliar les diferents exigències: les de l'infant i les de la cultura consolidada; d'aquesta forma s'aferma cada cop més la convicció que el fet de proposar a l'infant esquemes conceptuals propis de l'epistemologia científica produeix un conflicte cognitiu profitós i un submoviment molt saludable per a l'experiència cognitiva.

Aquest no és el lloc idoni per desenvolupar un tractament profund sobre la manera d'organitzar l'ambient escolar de forma que sigui possible desenvolupar activitats científiques. Cal, però, remarcar, en relació amb el dilema "laboratori sí, laboratori no", el qual sovint ocupa gran part de l'espai dedicat al debat sobre l'educació científica, que la cosa realment important és que cada vegada sigui més clar, fins i tot en els més petits, que hi ha una manera de veure la natura i el món que té característi-

ques particulars de rigor, de coherència, de coratge intel·lectual, d'essencialitat, d'intersubjectivitat, de curiositat, i fins i tot d'ingenuïtat, a la qual cosa és útil i divertit de deixar espai durant el temps escolar i possiblement durant l'interescolar. Aquesta manera de pensar no sempre és possible, útil, funcional: la ciència no ho és tot en la vida de l'home. Però ni podem ni hem de menysprear-la. Mirem d'organitzar-nos de manera que es creï un hàbit de pensar de forma científica en ambients apropiats i en temps suficientment estables. És ben cert que l'efecte benèfic de la pràctica científica haurà de recaure sobre el comportament global de l'infant i sobre el clima general de la classe i de l'escola, però també és veritat que, si tot és ciència, ens arrisquem que res no sigui ciència. Per això resultaria pràctic i significatiu disposar d'un ambient dotat en què de tant en tant ens aturem a... pensar i on sigui possible que l'infant reaccioni, es molesti, i respongui amb expressions com ara: " un moment, estic pensant!...". Però això no significa que, per manca d'un laboratori, no es puguin organitzar sessions de productivitat mental i operativa, significatives des del punt de vista científic, durant l'activitat normal de classe. És indispensable que no es tracti d'un munt d'activitats esporàdiques i deslligades, sinó d'una marxa llarga, com més coherent millor i contínuament discutida i repensada, que comenci els primers dies d'escola del primer any d'escola maternal, passant d'una etapa a una altra en un clima tens des del punt de vista intel·lectual, que s'estengui a l'intercanvi dels punts de vista i a la projecció, de forma inquieta i insatisfeta a l'hora de formular les respostes.

## **Conclusions**

Si fer ciència a l'escola primària significa aconseguir que l'infant visqui alguns moments d'experiència i de reflexió de característiques substancialment similars a les que distingeixen la veritable recerca científica, quines són realment aquestes característiques? Com pot saber l'educador si allò que ocorre en el laboratori o a la classe o a l'exterior és "in" o bé "off" en relació amb el mètode de la ciència, en d'altres paraules, si es considera familiar en la comunitat científica adulta?

Òbviament no hi ha una resposta única a aquesta pregunta, però cal esforçar-se a examinar l'assumpte.

A propòsit d'això ens pot ser útil recordar sintèticament el que ja s'ha dit respecte a la manera com generalment treballa la ciència.

Com que les ciències intenten de descriure-explicar els fenòmens naturals, la primera etapa del recorregut consisteix en l'observació dels ob-



jectes que participen en el fenomen, observacions que contribueixen notablement a la definició del mateix problema pel fet d'estar implicades en el discerniment del que ens interessa considerar, és a dir, fer passar al primer pla tot el que es considera important i deixar de banda tot el que es considera no essencial. La finalitat de les observacions és la revelació de les variables, és a dir, de les propietats físiques dels objectes, i la seva descripció més o menys precisa, que es basa en processos de classificació, ordres en sèrie, mesura.

El moment de l'observació/descripció no acaba en si mateix, sinó que és la base d'un programa més complicat amb finalitats explicatives, i a continuació ve la fase durant la qual s'estableixen les correlacions entre les variables i s'anoten les regularitats. Es tracta d'un pas obligat per a la definició de les lleis que, com hem dit, descriuen de forma sintètica, sovint per mitjà del llenguatge matemàtic, les regularitats i les correlacions que s'han observat. Podríem dir, simplificant al màxim, que amb l'enunciació de les lleis s'acaba la primera fase del nostre camí, que té com a objectiu l'examen de tot el que cal saber abans de completar l'esforç creatiu necessari per passar a la fase de la veritable explicació. Un fenomen normalment consisteix en un canvi. Si volíem construir una imatge mental de per què s'ha verificat el canvi, és indispensable saber descriure de forma útil tant la situació precedent com la següent al mateix canvi. En cas contrari, difícilment es crearien les condicions necessàries per a la formulació d'hipòtesis d'explicacions.

La segona fase s'inicia precisament amb la hipòtesi que consisteix en la invenció d'un sistema lògic que estigui en condicions de respondre aquesta pregunta: per què el fenomen considerat s'esdevé precisament d'aquesta forma? Ja hem dit que, mentre la descripció matemàtica creada per Kepler sobre el moviment del sol i dels planetes se situa en la fase de l'enunciació de les lleis, la convicció de Copèrnic que el sol roman quiet mentre els planetes giren al seu voltant assumeix les característiques d'una hipòtesi explicativa.

Per poder definir, comunicar i utilitzar millor la hipòtesi sovint es representa per mitjà d'un model, el qual resulta molt útil especialment per evidenciar el caràcter del sistema típic d'una hipòtesi explicativa. Per sistema hom entén el conjunt dels objectes que participen en el fenomen considerats no tan sols per separat, sinó també des del punt de vista de les interaccions que s'hi produeixen. Cada objecte que compon un sistema s'interrelaciona amb tots els altres durant el fenomen i per tant es modifica modificant els altres. Si s'hi afegeix o se'n treu un objecte, el sistema canvia tota la conformació perquè hi intervenen noves interrelacions.

N'hi ha prou de pensar en l'explicació heliocèntrica del moviment dels planetes per comprendre la importància i la necessitat d'utilitzar models en ciència.

En cas que la hipòtesi modelada es conformi als fets, confluirà en una teoria més general que organitzarà un determinat nombre de lleis, d'hipòtesis i de models al voltant d'un principi sintètic i molt explicatiu.

És evident que en l'escola maternal i en l'elemental no es podrà seguir un procés complet. Aquest no és l'objectiu de l'ensenyament de la ciència en aquesta mena d'escola. Però s'hi podran viure moments importants des del punt de vista científic. Per individualitzar-los l'educador haurà de tenir en compte el que acabem de recordar en relació amb el mètode científic considerat amb el que indiquen les diverses epistemologies disciplinàries des del punt de vista del contingut, recordant sempre que el mètode i el contingut han d'avançar estretament correlacionats i que sempre hi ha d'haver un nexa estret entre entendre/explicar i actuar/produir resultats.

Des del punt de vista general es poden considerar rellevants, entre altres, moments didàctics com, per exemple:

- concretar el que es pretén observar i s'intenta explicar;
- saber fer una llista separant els objectes que creiem que participen en el fenomen que volem tractar dels que no ens interessin;
- començar a entendre que qui desenvolupa una recerca assumeix unes presponsabilitats des del començament, i això significa admetre i excloure les coses que s'han d'observar i fer;
- saber "observar per mitjà de variables", <sup>3</sup> i això també significa saber que s'han d'aïllar, de la globalitat de la realitat, aspectes particulars, "magnituds" en aquest cas, que considerem notables;
- esforçar-se a fer descripcions de les propietats dels objectes que tendeixen a la intersubjectivitat i que es modifiquen a causa de les verificacions negatives fornides per una comunicació insatisfactòria;
- comprendre que no existeix la descripció perfecta de la realitat perquè, sigui quina sigui la nostra descripció, depèn del pensament que siguem capaços de produir durant les fases d'observació i dels instruments que haguem utilitzat, els quals tenen limitacions i poden ser substituïts per molts d'altres;
- no caure mai en l'escepticisme perquè el que compta és haver avançat en el nostre recorregut d'exploració del món, exercici apassionant i divertit;
- establir relacions entre les coses, visualitzar nexes, habituar-se a no considerar només un aspecte cada vegada si no és provisionalment per necessitats d'exactitud descriptiva;
- adquirir regularitat per mitjà de la utilització significativa de les dades recollides pacientment;

- saber "observar per sistemes",<sup>3</sup> i això significa veure les similituds entre les coses en el sentit de la dependència que hi ha i de la transformació concomitant de l'una en canviar l'altra;

- representar els sistemes per mitjà de la representació gràfica i de la construcció de "màquines" que permetin de definir posteriorment el camp de recerca i de confrontar-se directament amb els comportaments de les coses que després constitueixen els problemes que volem explicar quan fem ciència;

- provar únicament pel joc mental, és a dir, aquella forma de procedir que no ha de passar per la realització concreta perquè està en condicions de trobar solucions per mitjà del raonament sol o millor per mitjà de la representació mental de la realitat;

- discutir molt sobre totes les coses, avançar mitjançant intervencions verbals coincidents i oposades, aconseguir de crear un clima de gran tensió lingüístico-cognitiva, participar en els jocs de pati;

- parlar tant com sigui possible de la ciència, la seva història, la seva forma de procedir, el seu absolut no-absolutisme;

- reflexionar sobre la pròpia forma de raonar i valorar sobretot la capacitat de no quedar-se estancat en esquemes mentals rígids que exclouen la possibilitat de canviar d'idea;

- adonar-se que és bonic i útil esforçar-se per seguir una forma "científica" de fer i de pensar, encara que en molts moments no sigui possible ni econòmic d'utilitzar-la: no per això aquests moments deixen de tenir els seus propis interessos i valors.

### Notes

(1) Recordem alguns dels principals programes estrangers:

- ESS ( Elementary Science Study ): s'ha elaborat en un " centre per a educadors " anomenat " The Mountain View Center for Environmental Education ", fundat i dirigit per David Hawkins, situat prop de la Universitat de Colorado. El centre publica una revista dirigida als educadors titulada "Outlook". El projecte és editat per McGraw Hill, New York.

- SCIS ( Science Curriculum Improvement Study ): ha estat elaborat durant diversos anys per un equip d'especialistes en física i biologia sota la direcció de Robert Karplus, prop de la Universitat de Berkley a Califòrnia.

- AAAS ( Science- A Process Approach ): va ser una proposta de la comissió per a l'Educació Científica de l'Associació Americana per al progrés de les Ciències i finançat per la National Science Foundation. Ha participat en l'elaboració del projecte el psicòleg Robert M. Gagnè.

Editat per Xerox Educational Science, New York.

- Science 5/13: es tracta d'un projecte anglès que segueix les ja moltes i aprofundides experiències desenvolupades al Regne Unit, només cal recordar-ne els diversos programes Nuffield. Es dirigeix particularment als educadors i a la seva formació de base.

Editat per McDonald Educational, London.

(2) Thomas S. Kuhn: " La rivoluzione copernicana. L'astronomia planetaria nello sviluppo del pensiero occidentale", 1978, Torí, Einaudi.

(3) M. Arca, P. Guidoni: " Guardare per sistemi, guardare per variabili", 1987, Torí, Edicions Emme.

## Abstracts

*F. Alfieri se ocupa en este artículo de como hacer la educación científica en la escuela primaria, haciendo un repaso a los aspectos históricos y epistemológicos de la cuestión. Cuestiona el principio de la escuela activa segun el cual la experiencia directa de los fenómenos naturales por parte del niño es imprescindible y suficiente. Seguidamente, muestra como los marcos epistemológicos han ido cambiando a lo largo de la historia, y define los conceptos de ley, modelo, teoría y cuadro. Así, el marco interpretativo del hombre no científico- el sentido común- no es falso, pero si incompleto. El niño, que tiene una estructura de comprensión construida a partir de las experiencias de la vida cotidiana, hace una representación o teoría para explicar cada fenómeno. Entonces, hacer educación científica quiere decir hacer vivir al niño momentos de experiencia y de reflexión semejantes a los de la búsqueda científica.*

*F. Alfieri traite dans cet article de comment faire l'éducation scientifique à l'école primaire et repasse les aspects historiques et épistémologiques de ce problème. Il remet en question le principe de l'école active selon lequel l'expérience directe des phénomènes naturels par l'enfant est indispensable et suffisante. Ensuite, il montre comment les cadres épistémologiques ont changé au cours de l'histoire et il définit les concepts de loi, modèle, théorie et cadre. Ainsi, le cadre interprétationnel de l'homme non-scientifique- le sens commun- n'est pas faux, mais il est incomplet. L'enfant, qui a une structure de compréhension construite à partir des expériences de la vie quotidienne, se fait une représentation ou théorie pour expliquer chaque phénomène. Alors, faire l'éducation scientifique veut dire faire vivre à l'enfant des moments d'expérience et de réflexion similaires à ceux de la recherche scientifique.*

*In this article, F. Alfieri deals with the ways of presenting scientific education at primary school level and reviews the historical and epistemological aspects of the problem. He questions the active school principle according to which the direct experience of natural phenomena by the child is indispensable and sufficient; then, he shows how the epistemological frames have changed throughout history and defines the concepts of law, model, theory and frame. He says that the non-scientific man's interpretational frame-common sense- is not false, but it is incomplete. The child, whose comprehensive structure is built from daily life experiences makes up a representation or theory to explain each phenomenon. Thus, to carry out scientific education means to make the child live through moments of experience and reflexion similar to those of scientific research.*